

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-064430

(43)Date of publication of application : 28.02.2002

(51)Int.Cl.

H04B 10/02  
H04B 10/18  
G02B 5/18

(21)Application number : 2000-252089

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 23.08.2000

(72)Inventor : INUI TETSUO  
KOMUKAI TETSUO  
NAKAZAWA MASATAKA

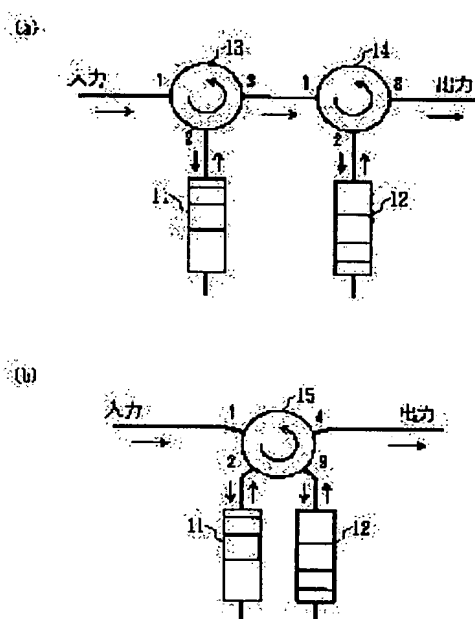
## (54) GROUP DELAY DISPERSION EMULATOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To an arbitrary group delay characteristic (chromatic dispersion characteristic) by a simple configuration and the simulative reproduction of the group delay characteristic (chromatic dispersion characteristic) of an actual optical-fiber transmission line.

SOLUTION: By combining with each other via optical circulators two kinds of chirped fiber gratings whereon incident lights are projected respectively from the short-wavelength and long-wavelength sides of respective reflection wavelengths, a group delay dispersion emulator is so set that the synthesized group delay characteristic (chromatic dispersion characteristic) thereby simulates the group delay characteristic (chromatic dispersion characteristic) of an optical-fiber transmission line. When representing the length of each grating by  $L$ , the shortest- and longest-wavelengths of each reflection wavelength by  $\lambda_S$ ,  $\lambda_L$  the difference between  $\lambda_L$  and  $\lambda_S$  by  $\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_S$ , and the coordinate of the longitudinal coordinate axis of each grating by  $z$  whose origin is set to the shortest-wavelength portion, distributions  $\lambda(z)$  of the longitudinal reflection wavelengths of the respective chirped fiber gratings are specified respectively by the equations of  $\lambda(z) = \lambda_S + \Delta\lambda(z/L)^{1/2}$  and  $\lambda(z) = \lambda_S + \Delta\lambda[1 - (1 - z/L)^{1/2}]$ .

本発明の群遅延分散エミュレータの構成例



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

03.06.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-64430

(P2002-64430A)

(43) 公開日 平成14年2月28日 (2002.2.28)

(51)Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)	
H 0 4 B	10/02	G 0 2 B	5/18	2 H 0 4 9
	10/18	H 0 4 B	9/00	M 5 K 0 0 2
G 0 2 B	5/18			

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 10 頁)

(21) 出願番号 特願2000-252089 (P2000-252089)

(22) 出願日 平成12年8月23日 (2000.8.23)

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区大手町二丁目3番1号

(72) 発明者 乾 哲郎

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 小向 哲郎

東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日

本電信電話株式会社内

(74) 代理人 100072718

弁理士 古谷 史旺

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 群遅延分散エミュレータ

(57) 【要約】

【課題】 簡単な構成で任意の群遅延特性（波長分散特性）を設定でき、実際の光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）の模擬的な再現を可能にする。

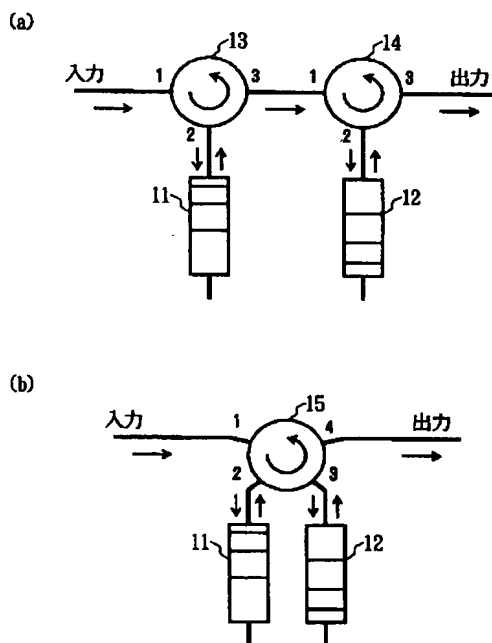
【解決手段】 反射波長の短波長側および長波長側からそれぞれ光を入射する2種類のチャープファイバグレーティングを光サークキュレータを介して組合せ、その合成した群遅延特性（波長分散特性）が、光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬するように設定する。各チャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、グレーティング長を $L$ 、反射波長の最短波長を $\lambda_s$ 、最長波長を $\lambda_L$ 、 $\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を $z$ としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表される。

本発明の群遅延分散エミュレータの構成例



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 グレーティング長Lのチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、反射波長の最短波長を $\lambda_s$ 、最長波長を $\lambda_l$ 、 $\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を $z$ としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

で表され、その反射波長の短波長側から光が入射される第1のチャープファイバグレーティングと、

グレーティング長Lのチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表され、その反射波長の長波長側から光が入射される第2のチャープファイバグレーティングとを備え、

前段の第1ポートを入力ポートとし、前段の第3ポートと後段の第1ポートを接続し、後段の第3ポートを出力ポートとする2つの3ポート型光サークキュレータの各第2ポートに、前記第1のチャープファイバグレーティングおよび前記第2のチャープファイバグレーティングを順不同に接続した構成であることを特徴とする群遅延分散エミュレータ。

【請求項2】 グレーティング長Lのチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、反射波長の最短波長を $\lambda_s$ 、最長波長を $\lambda_l$ 、 $\Delta\lambda = \lambda_l - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を $z$ としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2}$$

で表され、その反射波長の短波長側から光が入射される第1のチャープファイバグレーティングと、

グレーティング長Lのチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ が、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\}$$

で表され、その反射波長の長波長側から光が入射される第2のチャープファイバグレーティングとを備え、

第1ポートを入力ポートとし、第4ポートの出力ポートとする4ポート型光サークキュレータの第2ポートおよび第3ポートに、前記第1のチャープファイバグレーティングおよび前記第2のチャープファイバグレーティングを順不同に接続した構成であることを特徴とする群遅延分散エミュレータ。

【請求項3】 請求項1または請求項2に記載の群遅延分散エミュレータにおいて、

前記2つのチャープファイバグレーティングをピエゾ素子に固定し、このピエゾ素子に印加する電圧を制御して反射波長域を同一方向に等しく移動させるチューニング手段を備え、前記2つのチャープファイバグレーティングの組合せによる合成した群遅延特性（波長分散特性）が光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬するように設定した構成であることを特徴とする群遅延分散エミュレータ。

【請求項4】 請求項1または請求項2に記載の群遅延分散エミュレータにおいて、

前記2つのチャープファイバグレーティングをヒータに固定し、このヒータの温度を制御して反射波長域を同一方向に等しく移動させるチューニング手段を備え、前記2つのチャープファイバグレーティングの組合せによる合成した群遅延特性（波長分散特性）が光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬するように設定した構成であることを特徴とする群遅延分散エミュレータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、様々な環境下における光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬的に再現する群遅延分散エミュレータに関する。

【0002】本発明の群遅延分散エミュレータは、例えば自動分散等化実験において、光ファイバ伝送路の零分散波長に変化を与える場合、または付与する分散を変えることによる分散トレランスの測定をする場合などに利用される。また、光パルスへのプリチャープ付与時など、任意の分散を付与する場合などに利用される。

【0003】

【従来の技術】光通信システムの高ビットレート化に伴い、光ファイバ伝送路の波長分散による信号劣化が問題になっており、分散等化技術が研究されている。さらに、光ファイバ伝送路が敷設された環境の影響により経時的に変化する波長分散に対応する分散可変等化技術も研究されている（参考文献：特開2000-28934号公報、分散可変光等化器）。

【0004】このような分散等化技術を検証する分散等化実験では、環境の影響による波長分散の変化を模擬するために、光ファイバを恒温槽に入れて温度変化を与えたり（S.Kuwahara et al., Electron. Lett., vol.34, no.20, pp.1956-1958, 1998、A.Sano et al., OFC'99, WJ4, pp.165-167, 1999）、長さの違う光ファイバを用いることによって異なる分散値を与える方法（A.E.Willner et al., IEEE J.Select.Topics.Quantum Electron., vol.5, no.5, pp.1298-1311, 1999、M.Kato et al., J.Opt.Communic.20, 2, pp.64-66, 1999）がとられている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】従来の分散等化実験では、実際の光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬的に再現するために、長尺の光ファイバを恒温槽に収容するなど大掛かりな設備や、分散を付与する光ファイバの長さを調節する必要があった。

【0006】本発明は、簡単な構成で任意の群遅延特性（波長分散特性）を設定でき、実際の光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）の模擬的な再現を可能にする群遅延分散エミュレータを提供することを目的とする。

る。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の群遅延分散エミュレータは、反射波長の短波長側および長波長側からそれぞれ光を入射する2種類のチャープファイバグレーティングを光サーキュレータを介して組合せ、その合成した群遅延特性（波長分散特性）が、光ファイバ伝送路の群遅延特性（波長分散特性）を模擬するように設定した構成である。

【0008】さらに、2種類のチャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向に等しく移動させるチューニング手段を用いることにより、群遅延特性（波長分散特性）をシフトする構成である。

【0009】第1のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、グレーティング長を $L$ 、反射波長の最短波長を $\lambda_s$ 、最長波長を $\lambda_L$ 、 $\Delta\lambda = \lambda_L - \lambda_s$ 、最短波長部分を原点として長手方向にとった座標軸の座標を $z$ としたときに、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda (z/L)^{1/2} \quad \dots(1)$$

で表される。

【0010】第2のチャープファイバグレーティングの長手方向の反射波長の分布 $\lambda(z)$ は、同様に、

$$\lambda(z) = \lambda_s + \Delta\lambda \{1 - (1 - z/L)^{1/2}\} \quad \dots(2)$$

で表される。

【0011】図1は、式(1)で表される第1のチャープファイバグレーティングのモデル、群遅延特性および波長分散特性を示す。なお、グレーティングのピッチは段階的に変化していくが、ここでは短波長側が狭く、長波長側が広い状態で模式的に表している。図1(a)に示すように、チャープファイバグレーティングの短波長側から波長 $\lambda$ の光を入射すると、図1(b)に示すような群遅延特性が得られる。この場合の群遅延量は、

$$\text{DelayA}(\lambda) = (\tau_0 / \Delta\lambda^2) (\lambda - \lambda_s)^2 \quad \dots(3)$$

と表される。ただし、 $\tau_0 = 2nL/c$ であり、 $n$ は群屈折率、 $c$ は光速である。図1(c)は、式(3)を波長に\*

$$\text{Delay} \{A(\lambda) + B(\lambda)\}$$

$$= \frac{2\tau_0}{\Delta\lambda^2} \left[ \lambda - \frac{\lambda_s + \lambda_L}{2} \right]^2 + \frac{\tau_0}{2} \quad \dots(5)$$

と表される。また、式(5)を波長に関して微分して得られる波長分散特性は、

$$\text{Dispersion} \{A(\lambda) + B(\lambda)\}$$

$$= \frac{4\tau_0}{\Delta\lambda^2} \left[ \lambda - \frac{\lambda_s + \lambda_L}{2} \right] \quad \dots(6)$$

と表され、図5のようになる。これは、図1(c)、図2(c)の波長分散特性を合成したものである。

【0018】図5に示す波長分散特性は、波長が長くな

\* 関して微分して得られる波長分散特性を示す。

【0012】図2は、式(2)で表される第2のチャープファイバグレーティングのモデルおよび群遅延特性を示す。ただし、表記法は図1に示す第1のチャープファイバグレーティングと同様である。図2(a)に示すように、チャープファイバグレーティングの長波長側から波長 $\lambda$ の光を入射すると、図2(b)に示すような群遅延特性が得られる。この場合の群遅延量は、

$$\text{DelayB}(\lambda) = (\tau_0 / \Delta\lambda^2) (\lambda - \lambda_L)^2 \quad \dots(4)$$

と表される。図2(c)は、式(4)を波長に関して微分して得られる波長分散特性を示す。

【0013】本発明の群遅延分散エミュレータは、図1に示す反射波長の短波長側から光を入射する第1のチャープファイバグレーティング11および図2に示す長波長側から光を入射する第2のチャープファイバグレーティング12を、図3(a)のようにカスケード接続された3ポート型光サーキュレータ13、14の各第2ポートにそれぞれ接続するか、図3(b)のように4ポート型光サーキュレータ15の第2ポートおよび第3ポートにそれぞれ接続した構成である。

【0014】なお、3ポート型光サーキュレータにおいて、入力ポートを第1ポートとし、光が出力される回転方向に従って第2ポート、第3ポートとし、出力ポートを第3ポートと定義する。また、4ポート型光サーキュレータにおいて、入力ポートを第1ポートとし、光が出力される回転方向に従って第2ポート、第3ポート、第4ポートとし、出力ポートを第4ポートと定義する。

【0015】この3ポート型光サーキュレータ13、14または4ポート型光サーキュレータ15により結合する両チャープファイバグレーティング11、12の群遅延特性（(3)式と(4)式）を足し合わせると、図4に示すような下に凸の2次曲線が得られる。この場合の群遅延特性は、

【0016】

【数1】

※【0017】

※【数2】

るにつれて波長分散が負から正へと線形に変化しており、図6に示すような通常の分散シフトファイバの波長分散特性と同じになっている。すなわち、本発明の群遅

延分散エミュレータは、光ファイバ伝送路の波長分散特性を模擬できていることがわかる。なお、図5に示す波長分散の最大値は $2\tau/\Delta\lambda$ 、最小値は $-2\tau/\Delta\lambda$ であり、図5における $(\lambda_s + \lambda_c)/2$ および図6における $\lambda$ は零分散波長である。

【0019】この図5に示す波長分散特性は、各チャープファイバグレーティング11、12の反射波長域を同一方向に等しく移動させるチューニング手段を用いることにより、線形にチューニング可能である。このときの群遅延特性および波長分散特性は、図7、8に示すように平行移動する。

【0020】図7において、破線を初期特性として、短波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの特性を実線で示す。ある波長 $\lambda_{sig}$ に注目すると、 $\lambda_{sig}$ の初期状態では群遅延量は $\tau/2$ 、波長分散は0であるが、このチューニングによって群遅延量は $\tau$ 、波長分散値は $2\tau/\Delta\lambda$ と変化する。一方、図8において、破線を初期特性として、長波長側に $\Delta\lambda/2$ だけチューニングしたときの特性を実線で示すと、このチューニングによって波長 $\lambda_{sig}$ の群遅延量は $\tau$ 、波長分散値は $-2\tau/\Delta\lambda$ と変化する。

【0021】このように、各チャープファイバグレーティング11、12の反射波長域を同一方向に等しくチューニングすることにより、ある波長 $\lambda_{sig}$ に対する波長分散値を $-2\tau/\Delta\lambda$ から $2\tau/\Delta\lambda$ まで変化させることができる。したがって、このチューニングによって光ファイバ伝送路の実環境変化に対応する波長分散特性を模擬することが可能となる。

【0022】例えば、チャープファイバグレーティング11、12の帯域 $\Delta\lambda$ を10[nm]、長さ $L$ を100[m]とし、群屈折率 $n$ を1.47とすると、理論的には、 $-2\tau/\Delta\lambda = -196$  [ps/nm]、 $2\tau/\Delta\lambda = +196$  [ps/nm] となり、波長分散を約 $\pm 200$  [ps/nm]の範囲で可変させることができる。

【0023】

【発明の実施の形態】図9は、本発明の群遅延分散エミュレータの実施形態を示す。ここでは、4ポート型光サーキュレータを用いた構成に適用したものを示すが、3ポート型光サーキュレータを用いる構成にも同様に適用可能である。

【0024】図において、4ポート型光サーキュレータ15の第2ポートに、式(1)で表される第1のチャープファイバグレーティング11の短波長側を接続する。さらに、4ポート型光サーキュレータ15の第3ポートに、式(2)で表される第2のチャープファイバグレーティング12の長波長側を接続する。そして、4ポート型光サーキュレータ15の第1ポートを入力ポートとし、第4ポートを出力ポートとする。

【0025】また、4ポート型光サーキュレータ15の

第2ポートに第2のチャープファイバグレーティング12の長波長側を接続し、4ポート型光サーキュレータ15の第3ポートに第1のチャープファイバグレーティング11の短波長側を接続してもよい。

【0026】チューニング手段は、積層型ピエゾ素子16に接続したファイバ固定具17に2つのチャープファイバグレーティング11、12を接着固定した構造である。この積層型ピエゾ素子に電圧を印加して両側から伸縮量を制御することにより、各チャープファイバグレーティング11、12の反射波長域を同一方向にシフトし、図7、8に示すように透過する光に対する波長分散特性を変化させることができる。

【0027】なお、チューニング手段は、図10に示すように、2つのチャープファイバグレーティング11、12をヒータ18に接着固定し、このヒータ18に電流を流して温度勾配を制御することにより、各チャープファイバグレーティングの反射波長域を同一方向にシフトする構成としてもよい。

【0028】ここで、図9の積層型ピエゾ素子16を用いた構成における実験結果について説明する。長さ10mのチャープファイバグレーティング11、12を用い、ファイバ固定具間のギャップを10.5mmとした。チャープファイバグレーティング11、12は、60kmの分散シフトファイバ(DSF)を模擬するように作製した。また、ファイバグレーティング作製時に、群遅延リップル低減のためにアポディゼーションを施した。

【0029】直流電圧を印加することにより積層型ピエゾ素子は縮むので、チャープファイバグレーティング11、12に伸びが加わり、反射波長域が長波長側にシフトする。本構成の群遅延分散エミュレータで測定された群遅延特性を図11に示す。3つの群遅延プロファイルは、左から積層型ピエゾ素子16への印加電圧がそれぞれ0、16.7、35[V]のときのものである。群遅延分散エミュレータの零分散波長を1549.3、1552.0、1554.9

[nm]と変化させても、群遅延プロファイルはほぼ維持されているのがわかる。ただし、零分散波長を長波長側にシフトすることにより、波長1552nmでの波長分散値は12.5、-0.1、-19.3[ps/nm]と変化する。

【0030】この群遅延分散エミュレータに光パルスを入射し、零分散波長を変化させたときのパルス幅の変化を図12に示す。これは、繰り返し周波数10[GHz]の再生モード同期ファイバレーザからの光パルス(パルス幅:4.35ps)を群遅延分散エミュレータに入射し、その出力パルスを相互相関計によって測定したものである。ここでは、sech型パルスとしてパルス幅を計算した。また、信号光波長は、1552.0[nm]に設定した。零分散波長が信号光波長から離れるに従って、波長対して放物線的にパルス幅が広がっていることが分かる。このように、群遅延分散エミュレータは零分散波長を変化させることにより、分散を付与し、任意の大きさのバル

ス幅を与えることができる。

【0031】(他の実施形態)式(1)または式(2)で表される1つのチャープファイバグレーティングを3ポート型光サーキュレータの第2ポートに接続し、そのチャープファイバグレーティングを上記の積層型ビエソ素子16またはヒータ18に固定させるようにしても群遅延分散エミュレータを構成することができる。

【0032】ただし、式(1)で表されるチャープファイバグレーティング11を単独で用いた場合には、図1(c)に示すように、波長分散が0から $2\tau$ 。 $\Delta\lambda$ まで変化する群遅延分散エミュレータが構成される。また、式(2)で表されるチャープファイバグレーティング12を用いた場合には、図2(c)に示すように、波長分散が $-2\tau$ 。 $\Delta\lambda$ から0まで変化する群遅延分散エミュレータが構成される。

【0033】また、チャープファイバグレーティング11、12への光の入射方向を逆にする、すなわち3ポート型光サーキュレータの第2ポートあるいは4ポート型光サーキュレータの第2ポートおよび第3ポートに接続する向きを逆にすることにより、上述した群遅延分散エミュレータと逆特性を有する分散可変光等化器が構成される(特開2000-28934号公報)。これにより、本発明の群遅延分散エミュレータでその零分散波長をシフトさせて光ファイバ伝送路の実環境変化を模擬し、その零分散波長シフトに追従するように分散可変光等化器の零分散波長をシフトさせることにより、適応等化試験が可能となる。

【0034】

【発明の効果】以上説明したように、本発明の群遅延分散エミュレータは、光ファイバ伝送路を模擬した群遅延特性(波長分散特性)を再現することができ、さらにチューニングを行うことにより任意の群遅延特性(波長分散特性)に対応させることができる。

【0035】なお、実環境の地下ケーブルでは、最大40℃の温度変化があると言われている。分散シフトファイバ(DSF)の零分散波長の温度依存性は0.03[nm/℃]であるので(K.S.Kim et al., J.Appl.Phys., vol. 73, no.5, pp.2069-2074, 1993)、これは最大1.2[nm]の零分散波長変化に対応する。したがって、群遅延分散エミュレータにおいて1.2[nm]の連続的な波長

変化を可能にすることにより、光ファイバ伝送路の環境変化を十分に模擬することができる。これにより、自動分散等化実験において、実環境変化を模擬するために光ファイバ伝送路の零分散波長変化を与えるような場合でも、本発明の群遅延分散エミュレータで対応することができ、長尺の光ファイバを恒温槽に収容するなどの大掛かりな設備は不要となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】式(1)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル、群遅延特性および波長分散特性を示す図。

【図2】式(2)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル、群遅延特性および波長分散特性を示す図。

【図3】本発明の群遅延分散エミュレータの構成例を示す図。

【図4】チャープファイバグレーティング11、12の群遅延特性の和を示す図。

【図5】チャープファイバグレーティング11、12の波長分散特性の和を示す図。

【図6】通常の光ファイバの波長分散特性を示す図。

【図7】本発明の群遅延分散エミュレータのチューニング例1を示す図。

【図8】本発明の群遅延分散エミュレータのチューニング例2を示す図。

【図9】本発明の群遅延分散エミュレータの実施形態を示す図。

【図10】チューニング手段の他の構成例を示す図。

【図11】群遅延分散エミュレータの零分散波長を変化させたときの群遅延特性を示す図。

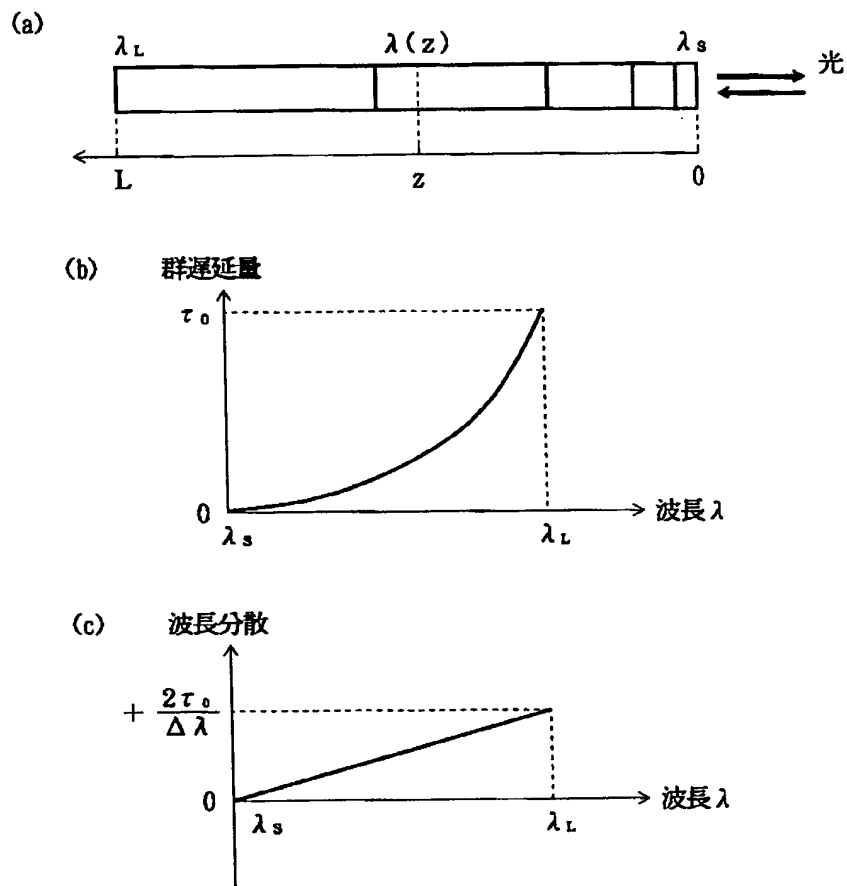
【図12】群遅延分散エミュレータの零分散波長を変化させたときの入射パルス幅の変化を示す図。

【符号の説明】

- 11、12 チャープファイバグレーティング
- 13、14 3ポート型光サーキュレータ
- 15 4ポート型光サーキュレータ
- 16 積層型ビエソ素子
- 17 ファイバ固定具
- 18 ヒータ

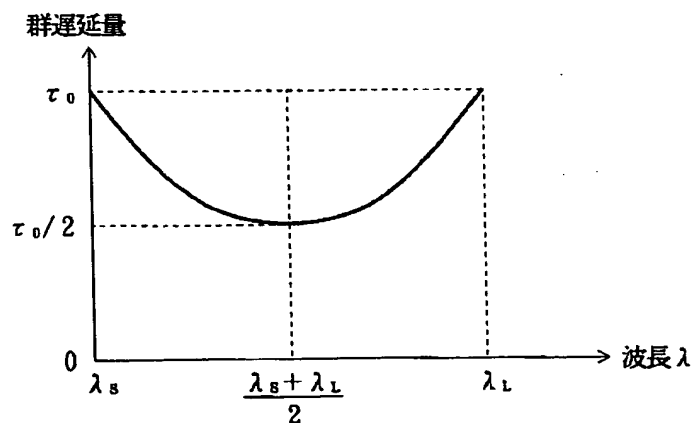
【図1】

式(1)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル、群遅延特性、波長分散特性



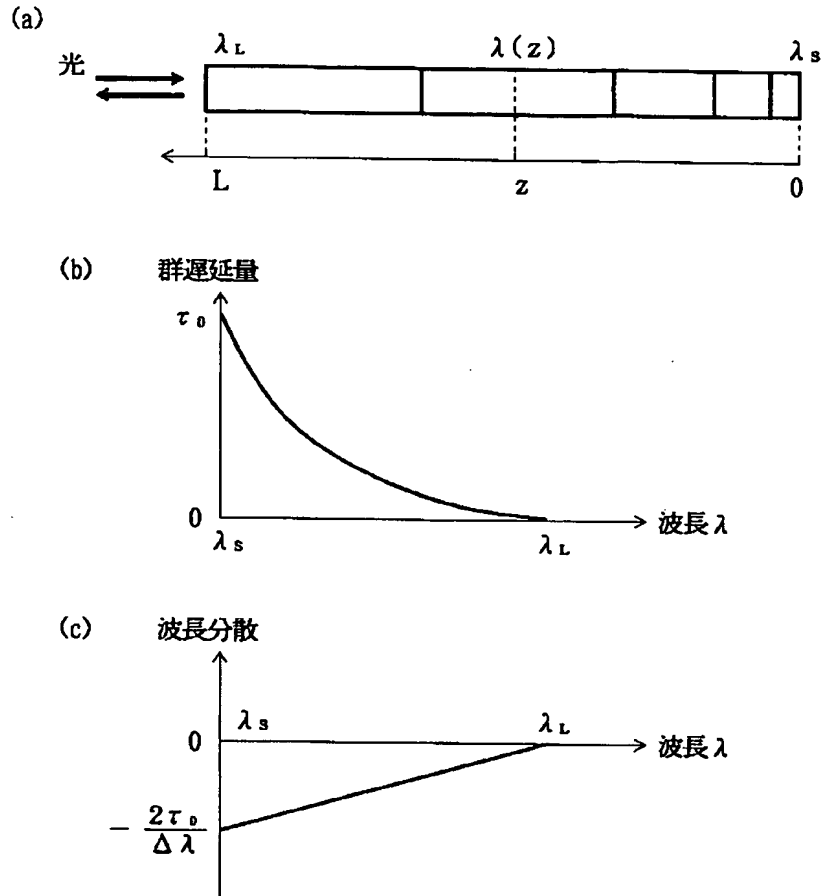
【図4】

チャープファイバグレーティング11, 12の群遅延特性の和



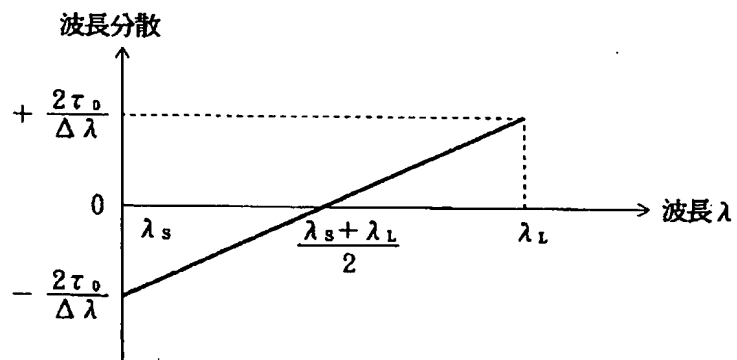
【図2】

式(2)で表されるチャープファイバグレーティングのモデル、群遅延特性、波長分散特性



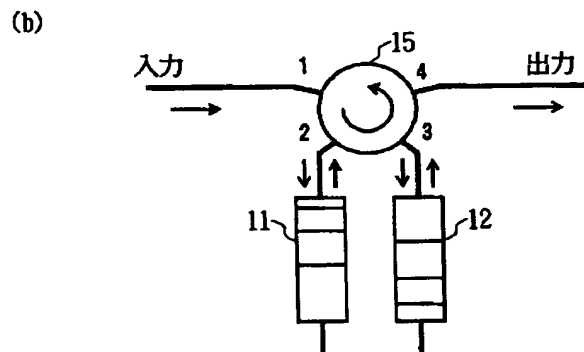
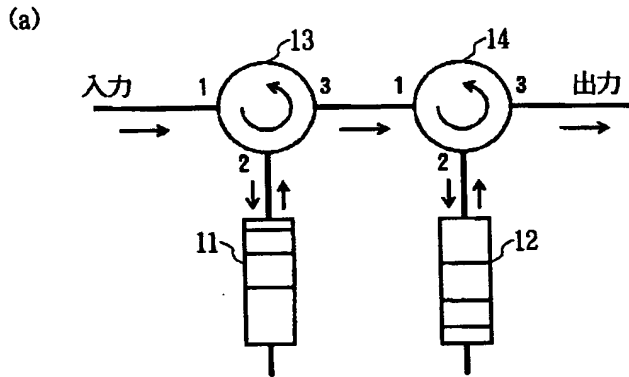
【図5】

チャープファイバグレーティング11, 12の波長分散特性の和



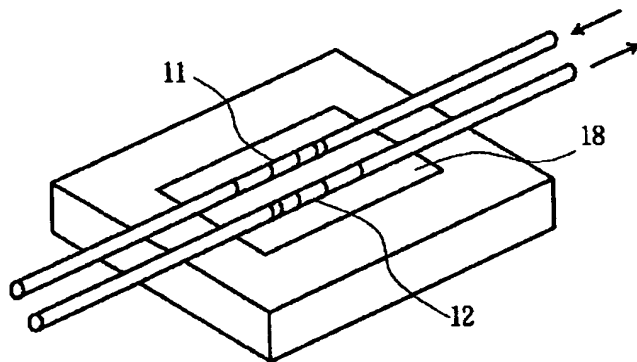
【図3】

本発明の群遅延分散エミュレータの構成例



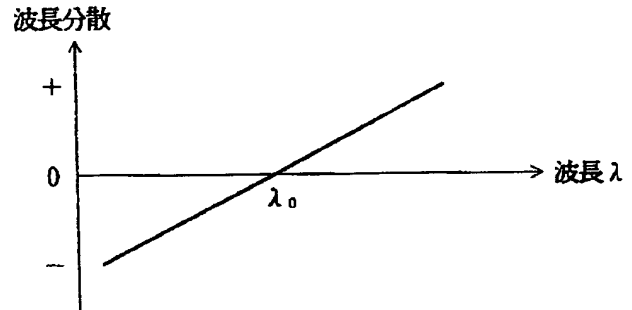
【図10】

チューニング手段の他の構成例



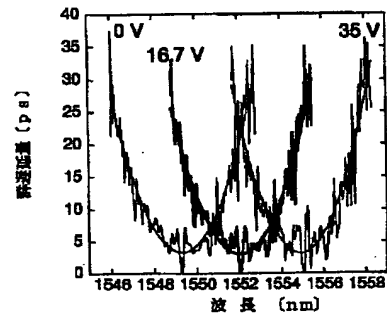
【図6】

通常の光ファイバの波長分散特性



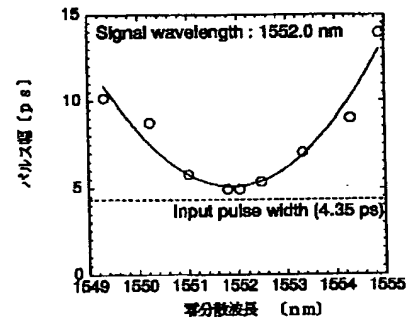
【図11】

群遅延分散エミュレータの零分散波長を変化させたときの群遅延特性



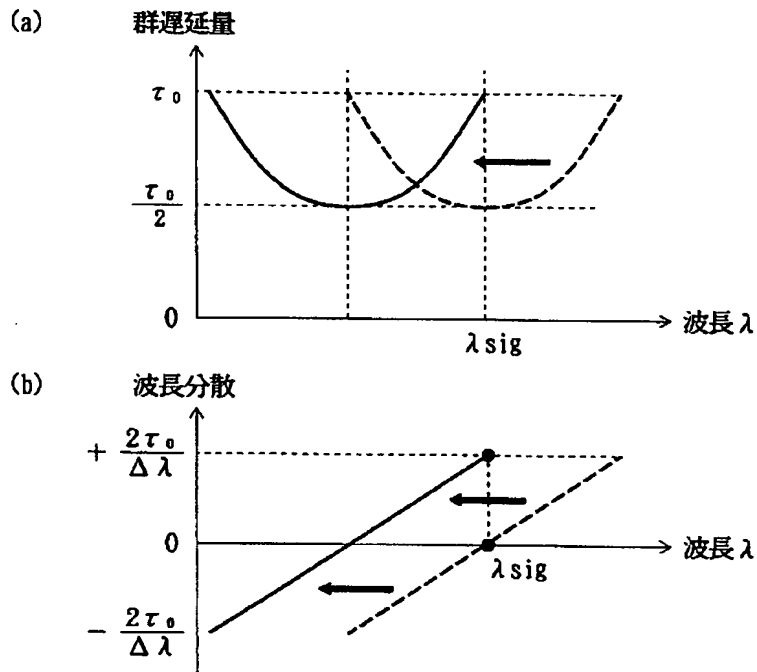
【図12】

群遅延分散エミュレータの零分散波長を変化させたときの入射パルス幅の変化



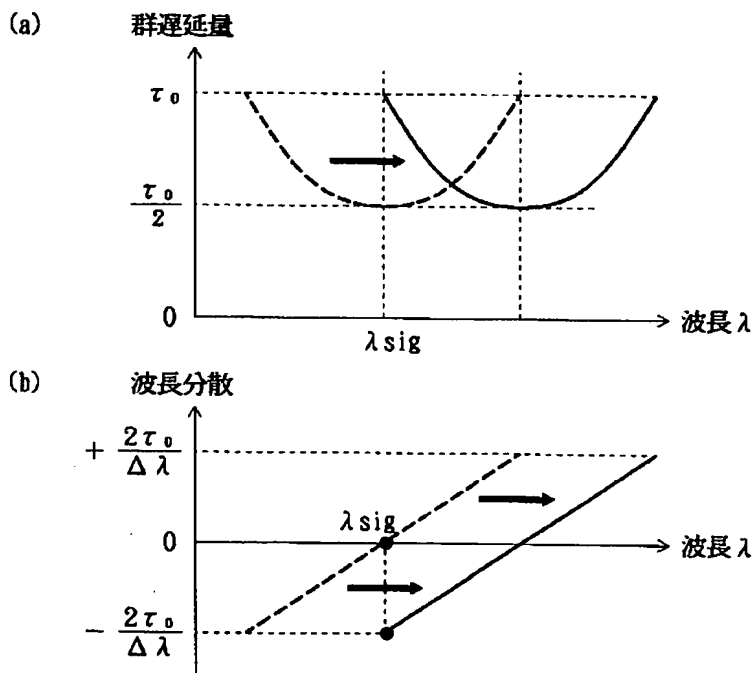
【図 7】

## 本発明の群遅延分散エミュレータのチューニング例 1



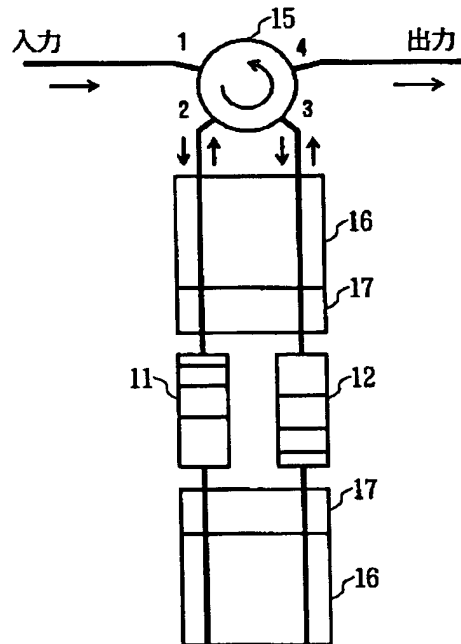
【図 8】

## 本発明の群遅延分散エミュレータのチューニング例 2



【図9】

## 本発明の群遅延分散エミュレータの第1の実施形態



---

フロントページの続き

(72)発明者 中沢 正隆  
東京都千代田区大手町二丁目3番1号 日  
本電信電話株式会社内

Fターム(参考) 2H049 AA59 AA62 AA66  
5K002 BA21 CA01 FA01 FA02